AMEA-nın Xəbərləri (biologiya və tibb elmləri), cild 69, №2, səh. 14-21 (2014)

Физиологические Аспекты Адаптивной Стратегии Растений Тыквы к Воздействию Меди в Условиях Хлоридного Засоления

Т.С. Ширвани*, А.Д. Самедова, М.А. Аннагиева, И.Т. Пириев, Х.Л. Салаева, Г.Х. Бабаева, В.М. Али-заде

Институт ботаники НАНА, Бадамдарское шоссе, 40, Баку AZ1073, Азербайджан;
**E-mail: shirvani_ts@hotmail.com*

Проведен анализ специфики ответных физиологических реакций растений тыквы на индивидуальное и комплексное воздействие меди и хлоридного засоления. Определяли линейный рост различных органов растений, накопление ими биомассы, различных форм азота, растворимых белков и динамику активности протеолитических ферментов в зависимости от длительности воздействия токсикантов (7, 14, 21 дн.). В случае совместного действия Cu и NaCl растения испытывали синергический, более интенсивный ингибирующий эффект, чем от их применения в отдельности. Это проявлялось как на внешнем виде растений (уменьшение тургора растений, появление некротических пятен на листьях и потемнение корней), так и на уменьшении ростовых параметров и резком падении накопления биомассы, белкового азота и белков, особенно в корнях, в сохранении в них активности протеолитических ферментов почти на уровне контрольных растений. Все это свидетельствует о сравнительно высокой восприимчивости корней тыквы к медь-индуцируемой токсичности, особенно в присутствии NaCl и, в целом, о низкой видоспецифической толерантности *Cucurbita pepo* к Cu в этих условиях.

Ключевые слова: *Тыква, медь, хлоридное засоление, стресс, ответные реакции растений*

ВВЕДЕНИЕ

Изучение механизмов выживания и адаптации растений к поллютантам техногенного происхождения в условиях засоления с каждым годом приобретает все большую актуальность в связи с всевозрастающим повсеместно в мире, в том числе и в Азербайджане, загрязнением тяжелыми металлами (ТМ) засоленных территорий, занимающих значительное место в агроэкосистемах.

Все тяжелые металлы, независимо от степени их важности и необходимости для растений, при высоких концентрациях фитотоксичны для их роста и развития (Moustakas et al., 1994; Marschner, 1995). Медь относится к тяжелым металлам и является широко распространенным загрязнителем природной среды. Ее содержание в почве (от 20 до 2000 мг/кг почвы) является результатом не только антропогенной деятельности, но и естественных почвообразовательных процессов, т.к. она в высоких концентрациях входит в состав ряда почвообразующих пород (Flemming, Trevors, 1989; Волков и др. 2010). Загрязнение почв медью в ряде регионов Азербайджана (Абшерон, Сумгайыт, Ширван, Мингечаур и др.) превышает допустимые ее уровни в 10 раз (Национальный план действий по охране окружающей среды, 1998).

Медь входит в группу эссенциальных элементов, проявляющих как высокую биологическую активность, так и высокую степень токсичности. Входя в состав по меньшей мере 30 ферментов в качестве их структурного и каталитического компонента (Flemming and Trevors, 1989; Yruela, 2009), в следовых количествах (10 мкг/г сух. веса) она необходима для нормальной жизнедеятельности растений: для их роста, развития и метаболизма. В ничтожно малых количествах (ниже 5 мкг/г сух. веса) вызывает специфические симптомы Cu-дефицита, отражающегося на молодых листьях и репродуктивных органах (Yruela, 2009), тогда как в избыточных концентрациях, обладая высокой окислительно-восстановительной активностью, она высоко токсична для растительного организма, вызывает окислительный стресс и приводит к нарушению физиолого-биохимических процессов и функций клетки (Marschner, 1995; Yruela, 2005), в том числе азотного и белкового обмена (Llorens et al., 2000; Demirevska-Kepova et al., 2004; Xiong et al., 2006), негативно сказываясь на количестве и качестве урожая (Maksymiec, 1997; Yruela, 2005). По уровню токсичности для растений она занимает высшее место в ряду Ирвинга – Вильямса, располагающего ТМ по степени их фитотоксичности (Yruela, 2005).

Стратегия адаптации растений к различным стрессорам зависит, как известно, от их генотипа, от уровня экспрессии стресс-зависимых ге-

нов, регулирующих функционирование морфологических, физиологических и биохимических механизмов, обеспечивающих рост и развитие растений в неблагоприятных условиях (Dajic, 2006; Радюкина и др., 2007; Yruela, 2009). Однако физиолого-биохимические механизмы устойчивости растений к совместному действию двух указанных повреждающих факторов (Cu и NaCl) находятся на начальных стадиях их исследования (El-Enany, 2001; Волков и др., 2006; 2010). На сегодняшний день остается открытым и вопрос, как засоление влияет на поглощение меди и на ее воздействие на физиолого-биохимический статус растения, поскольку полученные данные малочисленны, фрагментарны и порой противоречат друг другу. Предполагается, что одной из причин противоречивости результатов является низкая стабильность Cu-хлорид комплекса в среде, влияющая на доступность Cu для растений и на ее накопление в них (Kholodova et al., 2010)

Рост и азотно-белковый обмен представляют собой наиболее ярко выраженные морфо-физиолого-биохимические функции жизнедеятельности растительного организма. Характер изменений этих процессов в период адаптации растений к повреждающим факторам, будучи морфологическими и метаболическими приспособлениями к ним, является удобной экспериментальной моделью для определения их роли в формировании адаптивной стратегии и устойчивости растений к воздействию негативных факторов и поиске толерантных к действию засоления и избыточных уровней меди растительных видов.

В представленной работе проведен анализ специфики ответных реакций растений *Cucurbita pepo* L. на индивидуальное и комплексное воздействие Cu и хлоридного засоления на уровне таких интегральных физиологических процессов, как линейный рост различных органов растений, накопление ими биомассы, различных форм азота, растворимых белков и активности протеолитических ферментов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования в работе служили корни, настоящие и семядольные листья растений тыквы (*Cucurbita pepo* L.) сорта «Перехватка». Пятидневные проростки высаживали в питательный раствор Кнопа (0,5 N, pH 6,0), спустя 7 дней растения пересаживали в однолитровые фарфоровые кружки в 4 вариантах опыта:

1. Контроль (питательный раствор - ПР);
2. ПР + NaCl (100мМ)
3. ПР +Cu (50 мкМ)
4. ПР + Cu (50 мкМ) + NaCl (100мМ)

В вариантах растения выращивали до 21 дня. Пробы растений брали на анализ через каждые 7 дней (на 7, 14, 21 день) в трех биологических повторностях.

Содержание растворимых белков, различных форм азота в надземных и подземных органах растений, изменение их морфометрических показателей и накопление биомассы, активность протеолитических ферментов определяли по общепринятым методикам, изложенным ранее (Ширвани и др., 2010).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как и в предыдущих исследованиях совместного воздействия ТМ и засоления на физиолого-биохимический статус растений (Ширвани и др., 2012; Аннагиева и др., 2013), изучались параметры роста различных органов растений тыквы, аккумуляция ими биомассы, растворимых белков и различных форм азота (общего, белкового и небелкового), а также динамика активности протеолитических ферментов в зависимости от длительности воздействия обоих стрессоров.

Рост растений на этапе проростков и молодых растений является одним из самых чувствительных к действию различных неблагоприятных факторов интегральных физиологических процессов, первым долгом, из-за снижения при стрессе интенсивности фотосинтеза, синтеза ассимилятов и необходимых для роста белковых соединений, а также из-за перераспределения между органами ассимилятов, связанного с адаптационными перестройками (Hagemeyer and Brecle, 1996). Причем, корень растений, первым долгом подвергающийся воздействию токсикантов при их поглощении из среды, при своей сравнительно более высокой скорости роста ингибируется значительно сильнее, чем побег (Marschner, 1995), что было показано в наших предыдущих исследованиях (Ширвани и др., 2010) и в работах других авторов (Серегин и Кожевникова, 2008, Qianetal., 2005)

Как и в случаях с Cd и Zn (Ширвани и др., 2012; Аннагиева и др., 2013), так и в случае использования меди и NaCl в качестве токсикантов корни растений оказались более чувствительными к воздействию избытка Cu, чем стебли, особенно на 7 и 14 дни (Рис. 1), что было показано и в работе Qianetal (2005). Причем ингибирование ростовых процессов в корнях было более заметным под воздействием Cu, чем под действием NaCl. Известно, что Cu, как и все тя-

желые металлы, в основном, накапливается в корнях, что может быть причиной более сильного воздействия на него по сравнению с другими органами (Llorens et al., 2000; Fargasova, 2001). Стебель при этом не испытывал повреждающего воздействия взятых стрессоров и даже превосходил контрольные растения по длине (на 9%) во всех вариантах опыта на 14 и 21 день. Совместное действие Cu и NaCl оказалось более негативным для ростовых процессов в корневой системе и снижало его длину на 45-50% по сравнению с контролем у 14- и 21-дневных растений, одновременно благоприятно отражаясь на росте стебля. Комбинированное воздействие обоих стрессоров усиливало повреждающий эффект каждого стресса (Cu и NaCl) на прорастание семян и линейный рост проростков пшеницы и в работе El-Enany (2001).

Токсическое действие Cu было более заметным, чем действие NaCl, и на биомассе корней, чем на биомассе стеблей в последние 2 срока опыта (Рис. 2). В варианте с индивидуальным применением NaCl корень во всех сроках опыта накапливал значительно больше биомассы, чем стебель. Совместное применение Cu и NaCl оказалось также более благоприятным для накопления биомассы корнями, чем стеблями, но только у 7-дневных растений. У 14- и 21-дневных растений корни начали отставать от стеблей почти на 10% в накоплении сухой биомассы (в расчете на контроль), что указывает на сравнительно высокую восприимчивость корней *Cucurbita pepo* к медь–индуцируемой токсичности, особенно в присутствии NaCl. Действие Cu отрицательно сказывалось на биомассе корней в значительно большей степени, чем на биомассе стеблей у *Elsholtziahai chowensis* (Qian et al., 2005) и *Brassica pekinensis* (Xiong et al., 2006), что также указывает на более высокую чувствительность корней этих растений к Cu–индуцируемой токсичности, чем его надземной части.

Анализ работ последних лет, посвященных изучению совместного воздействия засоления и ТМ на рост и физиолого-биохимический статус растений, показал, что это воздействие видо- и сортоспецифично, т.е. засоление модифицирует ответы разных экологических групп растений на ТМ, и эти взаимоотношения между действиями металлов и солей на растения проявляются в виде синергизма, антагонизма и аддитивизма (Kholodova et al., 2010). Было показано, что гликофиты в условиях комплексного воздействия NaCl и ТМ подвергаются еще более интенсивному стрессовому влиянию, чем при их раздельном воздействии (Smolders and McLaughlin, 1996; El-Enany, 2001; Huang et al., 2006), в то время как для галофитов характерна стратегия индукции защитных механизмов, обеспечивающих снижение токсического действия меди в условиях совместного действия Cu и NaCl (Helal et al., 1998; Fitzgerald et al, 2003; Demirezen and Redd, 2006; Волков и др., 2010).

Полученные нами данные полностью подтверждают этот вывод. Совместное применение Cu и NaCl усиливало повреждающее действие каждого токсикантав отдельности, отрицательно сказываясь не только на внешнем состоянии растений тыквы, относящейся к гликофитам (потеря тургора, свидетельствующая о резком изменении водного статуса растений, и обесцвечивание листьев из-за снижения содержания хлорофилла в результате окислительного стресса, вызванного медью) (Волков и др., 2010), и ростовых показателях (уменьшение длины корня, стебля, площади листьев), но и на накоплении различных форм азота (Табл.), аккумуляции общих растворимых белков (Рис. 3) и активности протеолитической системы, диссимилирующей белки и участвующей в азотном обмене (Рис. 4).

Данные по изучению влияния Cu и хлористого засоления (каждого в отдельности и в комплексе) на содержание и распределение азотистых веществ в растении (различных форм азота – общего, белкового и небелкового) представлены в Таблице. Особый интерес для нас представляют данные по содержанию белкового азота, являющемуся важным показателем активности синтетических процессов в растениях. Судя по этим данным, содержание белкового азота в побегах в вариантах опыта с Cu (Cu и Cu+NaCl) значительно превосходит его содержание в растениях из варианта только с NaCl, за исключением 21-дневных растений, по всей вероятности, за счет увеличения содержания свободных аминокислот в результате распада белков. В ряде работ показано, что Cu вызывает увеличение общего содержания свободных аминокислот в листьях растений, что указывает на их роль в детоксикации Cu (Xiong et al., 2006; Pourakbar et al., 2007). Что касается корней опытных растений, то содержание белкового азота в варианте с совместным применением обоих токсикантов значительно уступает растениям, обработанным раздельно медью и NaCl.

Наиболее убедительным показателем биосинтетической активности растений, как известно, является отношение белковый N/небелковый N. Судя по данным таблицы, самый высокий показатель этого отношения отмечен в контрольных растениях 7-дневного возраста, однако далее он закономерно снижается от срока к сроку опыта от 15 до 5 (15-8-5). У опытных

растений самый низкий показатель отношения белковый N/небелковый N отмечен в корнях в варианте совместного применения Cu и NaCl, здесь он равняется 0,2-0,4, в стеблях 2-6, что свидетельствует о том, что комплексное применение меди и NaCl резко ингибирует синтетические процессы в растениях, что особенно заметно в корнях. Известно, что избыток Cu в среде негативно воздействует на азотный и белковый метаболизм в растениях (Demirevska-Kepova et al., 2004; Qian et al., 2005), причем, в корнях в большей степени, чем в листьях (Llorens et al., 2000), вызывая снижение содержания общего азота, нитратов, белков и свободных аминокислот (Pourakbar et al., 2007). В случае же добавления в среду NaCl растения подвергаются еще более интенсивному стрессорному влиянию, негативно отражаясь на белковом синтезе и аккумуляции растворимых белков, содержание которых в растительных клетках является важным индикатором их физиологического состояния (Pourakbar et al., 2007).

Изучение динамики содержания общих растворимых белков в различных органах растений тыквы, выращенных при раздельном и совместном воздействии Cu и NaCl в наших опытах, показало, что совместная обработка опытных растений обоими токсикантами приводила к ингибированию белкового синтеза в корнях во всех сроках опыта, что нашло отражение в резком снижении аккумуляции белков (Рис. 3). При индивидуальном применении Cu и NaCl корни показали сравнительно большее содержание белков при засолении, чем при обработке растений только медью, что указывает на большую восприимчивость корней тыквы к токсичности меди, чем к токсичности засоления. Как подчеркивалось выше, токсическое действие Cu было более заметным на корнях *Elsholtziahai chowensis* и *Brassica pekinensis,* чем на их надземных органах и в работе Qian et al. (2005) и Xiong et al. (2006), указывая на сравнительно высокую восприимчивость корней этих растений к медь-индуцируемой токсичности.

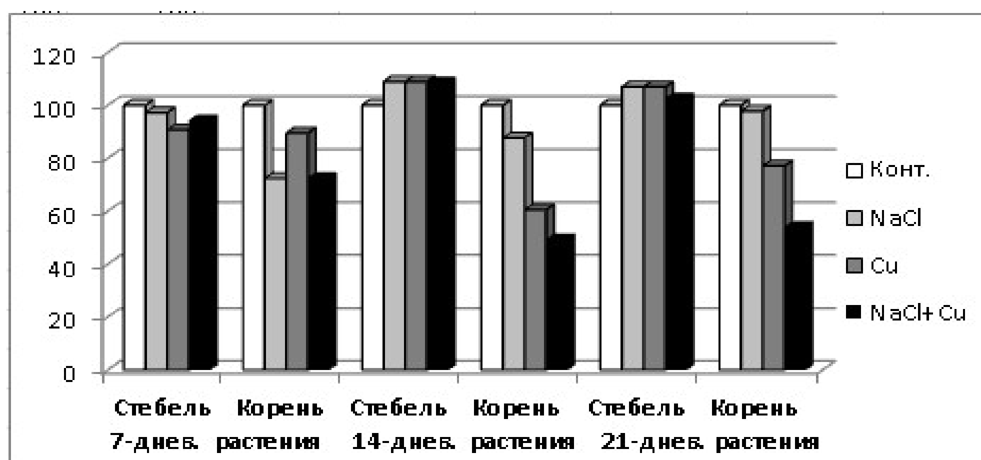


Рис.1. Влияние NaCl и Cu на длину стебля и корня растений тыквы при их раздельном и совместном применении в зависимости от длительности воздействия (в % от контроля)

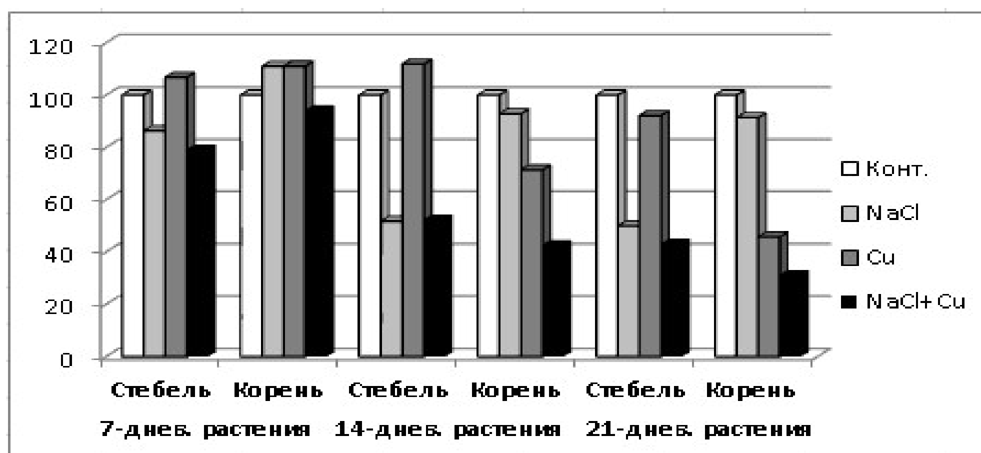


Рис. 2. Накопление в динамике сухой биомассы различными органами одного растения тыквы, выращенного при раздельном и совместном применении NaCl и Cu (в % от контроля)

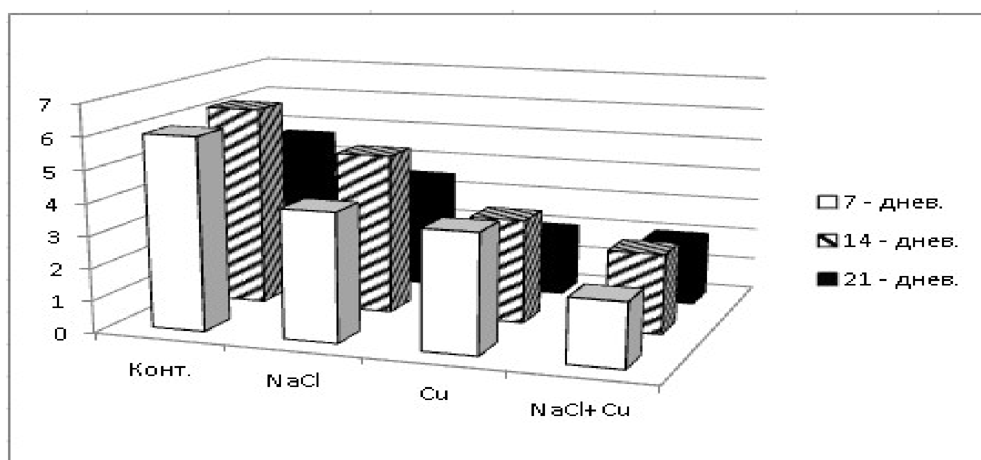


Рис. 3. Динамика содержания общих растворимых белков в корнях растений тыквы, выращенных при раздельном и совместном применении NaCl и Cu, в зависимости от длительности их воздействия (в мг/ мл).

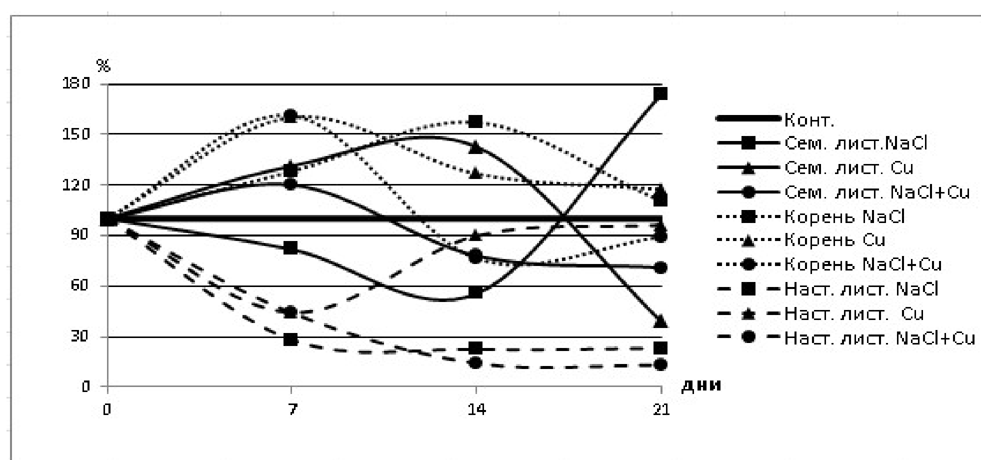


Рис. 4. Влияние меди и хлоридного засоления на активность протеолитических ферментов в различных органах растений тыквы в зависимости от длительности раздельного и комплексного их воздействия (в % от контроля в расчете на 1 растение).

Таблица. Динамика распределения различных форм азота в органах растений тыквы, подвергнутых воздействию меди и хлоридного засоления при их раздельном и совместном применении в зависимости от длительности опыта (мг/г абс. сух. массы)

Формы азота	Дни / Органы	7 дней				14 дней				21 день			
		конт.	**NaCl**	**Cu**	**NaCl+Cu**	**конт.**	**NaCl**	**Cu**	**NaCl+Cu**	**конт.**	**NaCl**	**Cu**	**NaCl+Cu**
Общий N	**побеги**	126	110	120	124	130	114	114	142	112	84	96	82
	корни	34	33	36	23	40	36	33	40	36	32	32	33
Небелковый N	**побеги**	8,2	13,8	12	19	15	19	12	23	19	17	18	25
	корни	5	4	4	18	7	6	17	28	5	5	4	28
Белковый N	**побеги**	118	96	108	105	115	95	102	119	94	67	78	58
	корни	30	29	32	5	33	30	16	12	32	27	28	5
Отношение: белковый/небелковый N	**побеги**	15	7	9	6	8	5	9	5	5	4	4	2
	корни	6	7	8	0,3	5	5	1	0,4	7	6	7	0,2
Белковый N в % от контроля	**побеги**	100	81	92	89	100	83	89	104	100	71	83	62
	корни	100	97	107	17	100	91	49	36	100	84	88	16

Исследование индуцируемых медью и NaCl изменений в активности протеолитических ферментов (ПФ) в различных органах растений тыквы в зависимости от длительности раздельного и комплексного воздействия токсикантов показало (Рис.4.), что если активность ПФ в абсолютном исчислении (в расчете на 1 растение в % от контроля) при воздействии Cu и NaCl в от-

дельности увеличивается в корнях опытных растений по сравнению с контрольными растениями во всех сроках опыта, то при их совместном применении она несколько уменьшается в корнях 14- и 21- дневных растений, составляя, соответственно, 76% и 89% от контроля. Уменьшается активность ПФ в эти сроки и в других органах растений в варианте Cu + NaCl, особенно резко в настоящих листьях, составляя 14 % и 13% от контроля. Во всех вариантах опыта больше всех страдают от токсического воздействия Cu и NaCl как при применении их в отдельности, так и при совместном использовании именно настоящие листья. Причем, NaCl имеет более ингибирующее воздействие на активность ПФ в настоящих листьях, чем Cu.

Корни же по активности ПФ мало отличались от контрольных растений в случае совместного применения Cu и NaCl, в случае же их раздельного использования значительно опережали растения контрольного варианта, т.е. растения, не обработанные токсикантами. Иными словами, корни в отличие от других органов растений находились в более благоприятном состоянии по активности ПФ при воздействии на них токсикантов в случае их раздельного применения. В варианте их совместного применения протеазы корня тоже испытывали ингибирующий эффект, но в меньшей мере, чем в настоящих и семядольных листьях.

Таким образом, в подтверждение мнения о качественном различии адаптационных физиологических ответов растений на ТМ разной природы (Yriela, 2009; Иванова и др., 2010) нами показано, что в отличие от Cd и Zn, которые при засолении были более позитивными для роста, развития и метаболизма растений тыквы на двух последних стадиях опыта (14 и 21 дн.), чем в отдельности (Ширвани и др., 2012; Аннагиева и др., 2013), в случае Cu растения тыквы испытывали синергический, более интенсивный ингибирующий эффект от комплексного воздействия Cu и NaCl. Это проявлялось в уменьшении тургора растений, появлении некротических пятен на листьях и потемнении корней, в уменьшении ростовых параметров и резком падении накопления биомассы, белкового азота и белков, особенно в корнях, в сохранении в них активности протеолитических ферментов (на уровне контрольных растений), приводящих, как известно, наряду с окислительным стрессом, вызываемым Cu, к распаду органических азотистых соединений, в том числе и белков (Pourakbar et al., 2007). Все это свидетельствует о сравнительно высокой восприимчивости корней тыквы к медь-индуцируемой токсичности, особенно в присутствии NaCl и, в целом, о низкой видоспецифической толерантности *Cucurbita pepo* к Cu в условиях засоления.

ЛИТЕРАТУРА

Аннагиева М.А., Бабаева Г.Х., Алиева Ф.К., Ширвани Т.С. (2013) Ростовые ответные реакции *Cucurbita pepo* L. на токсическое воздействие цинка и засоления. *Материалы X Международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования»,* Пущино- Москва, **2:** 71-74.

Волков К.С., Холодова В.П., Кузнецов Вл.В.(2006) Адаптация растений к соли снижает токсической эффект меди. *Докл. Академии наук РФ,* **411(3):** 270-274.

Волков К.С., Холодова В.П., Швартау В.В., Кузнецов Вл.В. (2010)Протекторный эффект хлорида натрия при адаптации растений хрустальной травки к избытку меди. *Физиол. и биохим. культ. растений,* **42(5):** 414-423.

Иванова Е.М., Холодова В.П., Кузнецов Вл.В. (2010) Биологические эффекты высоких концентраций меди и цинка и характер их взаимодействия в растениях рапса. *Физиология растений,* **57(6):** 864-873.

Национальный план действий по охране окружающей среды (1998) Государственный комитет Азербайджанской Республики по экологии и контролю за использованием природных ресурсов. Баку.

Радюкина Н.Л., Карташов А.В., Иванов Ю.В., Шевякова Н.И., Кузнецов Вл.В. (2007) Сравнительный анализ функционирования защитных систем у представителей галофитной и гликофитной флоры в условиях засоления. *Физиология растений,* **54:**902-912.

Серегин И.В., Кожевникова А.Д. (2008) Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция. *Физиол. Растений,* **55 (1):** 3-26.

Ширвани Т.С., Самедова А.Дж., Салаева Х.Л., Пириев И.Т., Аннагиева М.А., Али-аде В.М. (2010)Воздействие различных доз кадмия на ростовые и физиолого-биохимические характеристики растений тыквы. *Известия НАНА, биол. науки,* **65 (3-4):** 3-11.

Ширвани Т.С., Самедова А.Дж., Пириев И.Т., Аннагиева М.А., Салаева Х.Л., Алиева Ф.К., Бабаева Г.Х., Али-заде В.М. (2012) Реакция растений тыквы на раздельное и совместное воздействие кадмия и засоления. *Известия НАНА, биол.науки,* **67(1):** 53-62.

Dajic Z. (2006) Salt stress. In: Madhava Rao KV, Raghavendra AS, Janardhan Reddy K (eds.) *Physiology and molecular biology of salt*

tolerance in plants. Springer, The Netherlands, 41-99.

Demirevska-Kepova K., Simova-Stoilova L., Stoyanova Z., Holzer R., Feller U. (2004) Biochemical changes in barley plants after excessive supply of copper and manganese. *Environ. Exp. Bot.,* **52:** 253-266.

Demirezen D.Y., Redd B. (2006) Effects of salinity on growth and nickel accumulation capacity of*Lemnagibba* (*Lemnaceae*). *J. Hazard Mater.,* **147:** 74-77.

Fitzgerald F.J., Caffrey J.M., Nesaratnam S.T., McLoughlin P.(2003) Copper and lead concentrations in salt marsh plants on the SuirEstuaty, Ireland. *Environ Pollut.,* **123:** 67-74.

El-Enany A.E. (2001) Wheat seedlings response to interactive effects of Cu and salinity. In: W.J. Horst et al. (eds.) *Plant Nutrition- Food security and sustainability of agroecosystems.* Kluwer Acad. Publ. 424-425.

Fargasova A. (2001) Phytotoxic effects of Cd, Zn, Pb, Cu and Fe on *Sinapisalba* L. seedlings and their accumulation in roots and shoots. *Biol. Plant.,* **44:** 471-473.

Flemming C.A., Trevors J.T. (1989) Copper toxicity and chemistry in the environment: A review. *Water, Air, and Soil Pollut.,* **44:** 143-158.

Hagemeyer J., Brecle S.W. (1996) Growth under trace element stress. *In: Plant roots: The Hidden Half.* Waisel G., Kafkafi U. (eds.). New York: M. Dekker, 415–433.

Helal M., Baibagyshew E., Saber S. (1998) Uptake of Cd and Ni by spinach *Spinacea oleracea* (L.) from polluted soil under field conditions as affected by salt water irrigation. *Agronom.*, **18**: 443-448.

Huang Y.Z., Zhang G.P., Wu F.B., Chen J.X., Zhou M.X. (2006) Difference in physiological traits among salt-stressed barly genotypes. Commun. *Soil Sci. Plant Anal.,* **37:** 557-570.

Kholodova V.P., Volkov K.S., Kuznetsov Vl.V. (2005) Adaptation of the common ice plant to high copper and zinc concentrations and potential using for phytoremediation. *Russ. J. Plant Physiol.,* **52:** 848-858.

Kholodova V.P., Volkov K.S., KuznetsovVl.V. (2010) Plants under heavy metal stress in saline environments. In: Sherameti I., Varma A.(eds.) Soil heavy metals, soil biology, Heidelberg: Springer-Verlag, **19:** 163-183.

Llorens N., Arola L., Blade C., Mas A. (2000) Effects of copper exposure upon nitrogen metabolism in tissue cultured *Vitis vinifera*. *Plant Sci.*, **160:** 159-163.

Maksymiec W. (1997) Effect of copper on cellular processes in higher plants. *Photosynthetica,* **34:**132-342

Marschner H. (1995) Mineral nutrition of higher plants.Second edition. London: Academic Press. 889 pp.

Moustakas M., Lanaras T., Symeonidis L., Karataglis S. (1994) Growth and some photosynthetic characteristics of field grown *Avena sativa* under copper and lead stress. *Photosynthetica,* **30:** 389-396.

Pourakbar L., Khayami M., KharaJ., FarbodniaT. (2007) Physiological effects of copper on some biochemical parameters in *Zea mays* L. seedlings. *Pakistan Journal of Biological Sciences,* **10:** 4092-4096**.**

Qian M., Li X. Shen Z. (2005) Adaptive copper tolerance in *Elsholtziahaichowensis* involves production of Cu-induced thiol peptides. *Plant Growth Regulation,* **47:** 65-73.

Smolders E., McLaughlin M.J.(1996) Chloride increases cadmium uptake in Swiss chard in a resinbuffered nutrient solution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.,* **60:** 1443-1447.

Xiong Z.T., ChaoL., BingG.(2006) Phytotoxic effects of copper on nitrogen metabolism and plant growth in *Brassica pekinensis* Rupr. Ecotoxicol. Environ. Saf. **64:** 273-280.

Yruela I. (2005) Copper in plants.Braz. *J. Plant Physiol.*, **17:** 145-156

Yruela I. (2009) Copper in plants: acquisition, transport and interactions. *Funct. Plant Biol.,* **36**: 409–430.

Xlorid Duzlaşma Şəraitində Balqabaq Bitkilərinin Misin Təsirinə Adaptiv Strategiyasının Fizioloji Aspektləri

T.S. Şirvani, Ə.C. Səmədova, İ.T. Piriyev, M.Ə. Ənnağıyeva, X.L. Salayeva, G.X. Babayeva, V.M. Əli-zadə

AMEA Botanika İnstitutu

Mis və xlorid duzlarının fərdi və kompleks təsirinin balqabaq bitkisində yaratdığı cavab reaksiyaların spesifikliyi analiz edilmişdir. Bitkilərin müxtəlif orqanlarının böyümə parametrləri, onlarda biokütlənin toplanması, müxtəlif azot formalarının, həllolan zülalların miqdarı və proteolitik fermentlərinin fəallığının dinamikası toksikantların təsir müddətindən (7, 14, 21 gün) asılı olaraq təyin edilmişdir. Cu və NaCl-un ayrılıqda tətbiqi ilə müqayisədə onların birgə təsirindən bitkilər sinergik, daha intensiv inhibirləşdirici effektə məruz qalmışlar. Bu fakt həm bitkilərin görünüşündə (bitki orqanlarında turqorun zəifləməsində, yarpaqlarda nekrotik ləkələrin üzə çıxmasında və kökün rənginin tündləşməsində), həm də böyümə parametrlərinin azalmasında, biokütlənin toplanmasının, xüsusən də köklərdə zülal azotunun və zülalların miqdarının kəskin zəifləməsində və onlarda proteolitik ferment fəallığının kontrolla təxminən eyni səviyyədə qalmasında da özünü göstərmişdir. Bütün bunlar balqabaq köklərinin, xüsusilə NaCl iştirakı ilə mislə induksiya olunan toksikliyə qarşı yüksək həssaslığa və bütövlükdə bu şəraitdə *Cucurbita pepo* bitkisinin misə qarşı aşağı növspesifik tolerantlığa malik olduğunu göstərir.

Açar sözləri: *Balqabaq, mis, xlorid şoranlaşma, stress, bitkilərin cavab reaksiyaları*

Physiological Aspects of Adaptive Strategy of Pumpkin Plants to Copper Effect Under Conditions of Chloride Salinity

T.S. Shirvani, A.J. Samedova, I.T. Piriyev, M.A. Annagiyeva, Kh.L. Salayeva, G.Kh. Babayeva, V.M. Ali-zade

Institute of Botany, ANAS

An analysis of specific character of physiological responses of pumpkin plants to individual and complex action of copper and chloride salinity was made. The linear growth of different plant organs, the bioaccumulation of biomass, various forms of nitrogen and soluble proteins and dynamics of activities of proteolytic enzymes in them depending on the duration of toxicant influence (7, 14, 21 days) were determined. In the case of combined application of Cu and NaCl, the plants underwent sinergic, a more intensive inhibitory effect compared to either stress applied alone. It showed up both on a surface appearance of plants (decreasing of plant turgor, appearance of necrotic spots on the leaves and darkening of roots) and by a reduction of growth criteria, shap falling of biomass accumulation and contents of protein nitrogen and proteins, especially in the roots, in the retaintion of activities of proteolytic enzymes in them almost at the level of control plants. All of this indicates the comporative higher susceptibility of pumpkin roots to Cu- induced toxicity at salinity as compared with the shoots and generally about the low species-specific tolerance of *Cucurbita pepo* L. to copper under these conditions.

Key words: *Pumpkin, copper, chloride salinity, stress, responses of plants*